

浅谈大体积混凝土基础温度控制

赵林

中石化第十建设有限公司, 山东 青岛 266000

[摘要] 文章以烟囱基础为例展开讨论, 基础截面长宽尺寸为26.5m×16m, 整个基础坐落在60根混凝土方桩之上, 为钢筋混凝土结构基础, 混凝土强度等级为C40, 混凝土浇筑量约1500立方米, 环壁外圈为斜坡型, 基础底板整体厚度2.5m, 基础环壁为环形锥台, 基底标高-5.100m, 其中垫层厚度为0.1m, 采用150mm厚的C20素混凝土, 环壁顶高±0.500m。

[关键词] 混凝土; 温度计算; 混凝土温度控制

Discussion on Temperature Control of Mass Concrete Foundation

ZHAO Lin

Sinopec Tenth Construction Co., Ltd., Shandong Qingdao, China 266000

Abstract: Taking the chimney foundation as an example, the length and width of the foundation section is 26.5m × 16m, and the whole foundation is located on 60 concrete square piles, which is the foundation of reinforced concrete structure and the concrete strength grade is C40. the length and width of the foundation are 26.5m × 16m, and the whole foundation is located on 60 concrete square piles. The amount of concrete pouring is about 1500 cubic meters, the outer side of the ring wall is slope type, the overall thickness of foundation bottom plate is 2.5m, the ring wall of foundation is annular cone table, the elevation of foundation is -5.100m, in which the thickness of cushion is 0.1m, and C20 plain concrete with 150mm thickness is adopted. The top height of the ring wall is ±0.500m.

Keywords: Concrete; Temperature calculation; Concrete temperature control

1 内外温差的计算

1.1 大体积混凝土的最大绝热温升计算:

$$Th = mc \cdot Q / c \rho (1 - e^{-mt})$$

式中 Th ——混凝土最大绝热温升 (°C)

mc ——混凝土中水泥 (包括膨胀剂, 活性掺合料) 用量 (kg/m³)

Q ——水泥 28d 水化热 (kJ/kg), 查表 $Q=375$ (kJ/kg)

e ——常数, 取 2.718

c ——混凝土比热, 取 0.97 (kJ/kg.k)

ρ ——混凝土密度, 取 2400 (kg/m³)

T ——混凝土龄期 (d)

m ——系数, 随混凝土浇筑时的温度改变

计算结果如下表:

t (d)	3	6	9	12
Th (°C)	52.3	68.0	72.8	74.2

1.2 混凝土内部中心温度计算

$$T1(t) = Tj + Th \xi(t)$$

式中: $T1(t)$ —— t 龄期混凝土中心计算温度, 是混凝土温度最高值

T_j ——混凝土浇筑温度，取 20℃（可采取浇筑当日的询平均气温）

$\xi(t)$ —— t 龄期降温系数，取值如下表

计算结果如下表

t (d)	3	6	9	12
$T_1(t)$ (°C)	54.0	62.2	62.9	55.6

1.3 混凝土养护计算

混凝土的养护分上下表面两部分，同时养护的关键在于表面温度的控制。保温保护，使用着下层不透风的塑料薄膜^[3]。

保温材料厚度

$$\delta = 0.5h \cdot \lambda_i (T_2 - T_q) K_b / \lambda \cdot (T_{max} - T_2)$$

式中： δ ——保温材料厚度（m）；

λ_i ——各保温材料导热系数 [W/(m·K)]，取 0.14；

底板厚度h(m)	不同龄期时的 ξ 值			
	3	6	9	12
2.5	0.65	0.62	0.59	0.48

λ ——混凝土的导热系数，取 2.33 [W/(m·K)]

T_2 ——混凝土表面温度：27.2 (°C) ($T_{max}-25$)

T_q ——施工中混凝土表面的实际温度：20 (°C)

$T_2 - T_q = 12.2^\circ\text{C}$

$T_{max} - T_2 = 25^\circ\text{C}$

K_b ——传热系数修正值，取 1.3

$$\delta = 0.5h \cdot \lambda_i (T_2 - T_q) K_b / \lambda \cdot (T_{max} - T_2) * 100 = 1.97\text{cm}$$

所以应该选择草帘加塑料布的方式进行养护作业，从而保证养护效果。

混凝土保温层的传热系数计算

$$\beta = 1 / [\sum \delta_i / \lambda_i + 1 / \beta_q]$$

式中： β ——混凝土保温层的传热系数 [W/(m²·K)]

δ_i ——各保温材料厚度

λ_i ——各保温材料导热系数 [W/(m·K)]

β_q ——空气层的传热系数，取 23 [W/(m²·K)]

代入数值得：

$$\beta = 1 / [\sum \delta_i / \lambda_i + 1 / \beta_q] = 5.43$$

混凝土虚厚度计算： $h' = k \cdot \lambda / \beta$

式中： h' ——混凝土虚厚度（m）

k ——折减系数，取 2/3；

λ ——混凝土的传热系数，取 2.33 [W/(m·K)]

$$h' = k \cdot \lambda / \beta = 0.2858$$

混凝土计算厚度： $H = h + 2h' = 2.5\text{m}$

混凝土表面温度

$$T_2(t) = T_q + 4 \cdot h' \cdot (H - h) [T_1(t) - T_q] / H^2$$

式中： $T_2(t)$ ——施工中混凝土表面的实际温度 (°C)

T_q ——项目施工阶段周边环境的平均气温 (°C)

h' ——混凝土虚厚度（m）

H ——混凝土计算厚度（m）

$T_1(t)$ —— t 龄期混凝土中心计算温度 (°C)

不同龄期混凝土的中心计算温度 ($T_1(t)$) 和表面温度 ($T_2(t)$) 如下表。

混凝土温度计算结果表

t (d)	3	6	9	12
T1 (t) (°C)	54.0	62.2	62.9	55.6
T1- Tq (°C)	34.0	42.2	42.9	35.6
T2 (t) (°C)	20.0	20.0	20.0	20.0
T1 (t) - T2 (t)	34.0	42.2	42.9	35.6

由上表可知，混凝土内外温差 $>25^{\circ}\text{C}$ ，不符合要求。

2 混凝土温度的控制

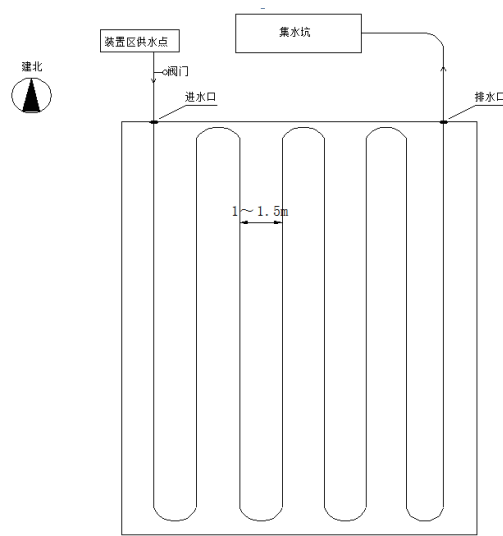
以上计算可以看出单纯混凝土自身的内外温差超过了规范要求，需要进行温度控制，对混凝土的温度控制分为两个方面：降低混凝土内部的温度、升高混凝土外部的温度。

2.1 降低混凝土内部的温度

A、配合比的选取，选用矿渣硅酸盐水泥 295kg，粉煤灰掺入量 70kg，掺合料 90kg，外加剂 9.4kg，砂率 0.4，矿渣硅酸盐水泥是一种低水化热的水泥，可以降低水泥水化热的温度变化^[2]。根据混凝土的强度特性，矿渣硅酸盐水泥可以降低混凝土的温度变化。初期混凝土强度增长较快，产生的水化热较多，内部温度较高，随着混凝土后期强度的增长速度减慢，水化热的产生也会随之减少，由此可见通过调控内部温度可以有效的控制混凝土的最终凝固强度，并且还可以掺杂部分替代品来替代水泥。用粉煤灰代替部分水泥可降低混凝土的初强增长率，相应地降低水化热对混凝土初凝温度的影响，降低混凝土的内部温度。粗集料的选择对混凝土水化热的产生也起着重要作用，粗集料应连续分级。粗集料，由于粗集料的连续级配具有较好的和易性，选用粒径较大、级配较好的石料，而机制砂、机制砂中含有少量的石粉，可与石料达到较好的级配，从而降低用水量，减少收缩率，降低混凝土强度。混凝土在凝固过程中泌水，从而减少水化热的产生，减少混凝土的凝结。混凝土搅拌过程中的水温是整个混凝土凝固过程中产生水化热的重要组成部分。在搅拌过程中应降低水的温度，以减少水化热的产生。

B、内部循环水降低混凝土内部温度

混凝土凝固过程中产生的水化热较快温度较高时，采用降温盘管的方法来降低混凝土的内部温度。当混凝土内外温差达到 24° 时开始采用降温盘管降温，严格控制降温速率，每天降温不得超过 2° ，保证混凝土内外温差控制在 25° 以内。降温盘管采用 $\phi 42$ 的 PPR 管，因基础 2.5m 厚，布置双层冷却管。通过热熔进行连接，高度布置在底板标高以上 $1/3$ 处和 $2/3$ 处，水平间距 $1\text{m} \sim 1.5\text{m}$ 。冷却水管采用两根 C25 钢筋交叉支撑，交叉角度为 60° 。冷却水管布置示意图如下：



冷却水管平面布置示意图

2.2 升高混凝土凝固过程中的外部温度

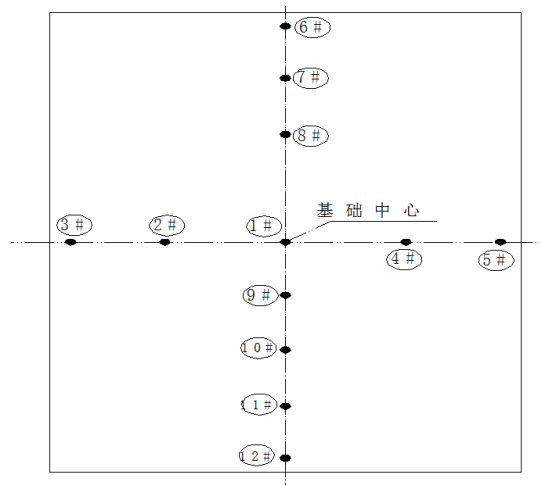
采用保温、保湿、蓄热养护：蓄热养护的作用是减少表面的热扩散，使内外温差不太大，避免表面裂纹。浇筑了基础混凝土，混凝土初凝后（4~5 小时）及时采用在砼面上铺塑料薄膜，上铺一层棉毡，混凝土终凝后（12 小时）进行浇水。利用基础内降温管内的高温水进行养护，人为提高混凝土表层温度，控制内外温差，基础模板安装时特别注意要高于基础上表面 200mm，保证基础表面有一定的蓄水深度与蓄水温度，减少内外温差。保湿养护过程中，应经常检查塑料薄膜和覆盖物的完整情况，保持混凝土表面湿润，养护期不低于 14 昼夜，混凝土养护安排专人进

行^[1]。延迟拆模时间,模板是保温养护措施的重要部分,待温度差稳定后可以拆除模板。让混凝土的温度逐渐降低,以防出现内外温差过大导致的裂缝问题,从而提高混凝土的最终强度。

3 混凝土温度的监控

测温点的埋置:根据集中分层布置的原则,每个测温点按上中下三个点布置测温导线,最底点垫层以上50mm,中间的位于混凝土浇筑中间高度,最上点位于基础上表面下50mm。监测点布置在选定混凝土浇筑体平面图对称轴的半轴上作为试验区。监测点按试验区平面和基础平面对称轴分层布置。

测温点种类可采用测温导线或测温管(根据现场基础实际情况自行选用):测温导线沿竖向埋设,采用1根14的钢筋做竖向支撑固定在钢筋网片,然后安装测温导线上的探头,用电工用的相色带绑牢,测温时用配套手持电子测温仪测温。测温管采用Φ20铁管制作而成,长度按竖向布置原则加工,下端用胶布做好密封,铁管上露200,管内注满水,测温时用细线栓牢玻璃温度计进行。测温点与钢筋网片可靠固定,混凝土浇筑过程中随时检查,防止堵塞或位置偏移。示意图如下:



测温元件布置示意图

根据温度测量点的日期、时间和数量记录温度测量。

温度监控指标如下:

混凝土表面与气温差:20℃以下

内外温差:小于25℃

冷却速度:低于5℃/天

温度测量周期和频率如下:

混凝土浇筑后1-5天:每6小时测一次温度

混凝土浇筑后6-10天:每12小时测量一次温度

混凝土浇筑后10-15天:每24小时测量一次温度

当内外温差小于15℃时,停止温度测量。

4 结束语

总之混凝土凝固过程中温度的控制是一个从混凝土的搅拌到混凝土的养护的一个持续过程,每一个环节都必须严格控制,才能保证内外温差的大小,从而控制整个混凝土的成型质量。

[参考文献]

- [1]王勇.浅谈大体积混凝土施工中温度控制[J].当代建设,2000(5):29-30.
 [2]郑新.浅谈大体积混凝土施工温度与裂缝的控制[J].山西建筑,2004(8):50-51.
 [3]高健.浅谈大体积混凝土基础温度裂缝控制施工技术[J].四川水泥,2015(1):239-239.
 [4]蔡振海.大体积混凝土基础底板温度裂缝控制技术[J].中国科技博览,2011(13):169-169.

作者简介:赵林,(1985.11.30)男,山东省青岛市,工程师,研究方向:土木工程;